



①⑨ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 41 32 697 A 1**

⑤① Int. Cl.<sup>5</sup>:  
**C 08 G 77/06**  
C 08 G 77/32

②① Aktenzeichen: P 41 32 697.0  
②② Anmeldetag: 1. 10. 91  
④③ Offenlegungstag: 8. 4. 93

DE 41 32 697 A 1

⑦① Anmelder:  
Wacker-Chemie GmbH, 8000 München, DE

⑦② Erfinder:  
Mautner, Konrad, Dipl.-Chem. Dr., 8269 Burgkirchen,  
DE; Weidner, Richard, Dipl.-Chem. Dr., 8263  
Burghausen, DE; Oswaldbauer, Helmut, 8399  
Stubenberg, DE

⑤④ Verfahren zur Herstellung von Organopolysiloxanharz

⑤⑦ Verfahren zur Herstellung von Organopolysiloxanharz,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
in einer 1. Stufe  
mindestens ein Silan der Formel  
 $R_aSi(OR^1)_{4-a}$ ,  
wobei a, R und R<sup>1</sup> die in Anspruch 1 angegebene Bedeutung  
haben,  
und/oder dessen Teilhydrolysat, mit der Maßgabe, daß  
mindestens ein Silan der Formel (I) mit a gleich 0 oder 1  
und/oder dessen Teilhydrolysat eingesetzt wird,  
sowie gegebenenfalls Organo(poly)siloxan in Wasser in  
Gegenwart von Säure und gegebenenfalls weiteren Stoffen  
umgesetzt wird und  
in einer 2. Stufe  
die in der 1. Stufe erhaltene Reaktionsmasse in Anwesenheit  
von Base sowie gegebenenfalls weiteren Stoffen umgesetzt  
wird sowie  
in einer 3. Stufe  
die in der 2. Stufe erhaltene Reaktionsmasse in Wasser  
gegebenenfalls im Gemisch mit Zusatzstoffen eingerührt  
wird.

DE 41 32 697 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Organopolysiloxanharz durch Hydrolyse und Kondensation von Silanen sowie deren Verwendung.

- 5 Verfahren zur Herstellung von Organopolysiloxanharz sind bereits bekannt. Beispielsweise wird in US-A 46 05 446 (Kansai Paint Company, Ltd.; ausgegeben am 12. August 1986) ein Verfahren beschrieben, bei dem Tetraalkoxysilane und Trialkoxysilane zunächst in Anwesenheit von Säure hydrolysiert und anschließend in Anwesenheit von Base kondensiert werden. Die Isolierung der entstandenen Organopolysiloxane erfolgt durch Zugabe wasserunlöslicher Lösungsmittel und Phasentrennung. In US-A 45 28 390 (Toshiba Silicone Co., Ltd.;  
10 ausgegeben am 9. Juli 1985) wird ein Verfahren zur Herstellung von Organosilsesquioxanen durch Hydrolyse und Kondensation von Methyltrialkoxysilanen in einer wäßrigen Lösung von Ammoniak oder Amin offenbart, wobei das ausgefallene Harz isoliert wird. Des weiteren wird in DE-OS 37 17 073 (Wacker-Chemie GmbH; ausgegeben am 8. Dezember 1988) bzw. der entsprechenden US-A 49 35 484 (ausgegeben am 19. Juni 1990) ein Verfahren zur Herstellung von Siliconharzpulvern durch Sprühtrocknung von nach einem speziellen Verfahren  
15 hergestellten, wäßrigen kolloidalen Suspensionen von Organopolysiloxanen beschrieben.

Es bestand die Aufgabe, ein Verfahren bereitzustellen, welches es erlaubt, Organopolysiloxanharz auf einfache Art und Weise herzustellen. Eine weitere Aufgabe bestand darin, ein Verfahren bereitzustellen, mit dem Organopolysiloxanharzpulver auf technisch einfache Weise erhalten wird. Diese Aufgaben werden durch die Erfindung gelöst.

- 20 Gegenstand der Erfindung ist ein Verfahren zur Herstellung von Organopolysiloxanharz, dadurch gekennzeichnet, daß  
in einer 1. Stufe mindestens ein Silan der Formel



25

wobei

a 0, 1, 2 oder 3 ist,

R gleich oder verschieden sein kann und einen einwertigen organischen Rest bedeutet und

R<sup>1</sup> gleich oder verschieden sein kann und einen einwertigen organischen Rest bedeutet,

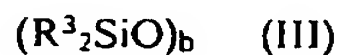
- 30 und/oder dessen Teilhydrolysat, mit der Maßgabe, daß mindestens ein Silan der Formel (I) mit a gleich 0 oder 1 und/oder dessen Teilhydrolysat eingesetzt wird,

sowie gegebenenfalls Organo(poly)siloxan ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus



35

wobei R<sup>2</sup> gleich oder verschieden sein kann und eine für R angegebene Bedeutung hat,



- 40 wobei R<sup>3</sup> gleich oder verschieden sein kann und eine für R angegebene Bedeutung hat und b eine ganze Zahl im Wert von 3 bis 8, vorzugsweise 4 oder 5, ist, sowie deren Gemische in Wasser in Gegenwart von Säure sowie gegebenenfalls weiteren Stoffen umgesetzt wird und

in einer 2. Stufe die in der 1. Stufe erhaltene Reaktionsmasse in Anwesenheit von Base sowie gegebenenfalls weiteren Stoffen umgesetzt wird sowie

- 45 in einer 3. Stufe die in der 2. Stufe erhaltene Reaktionsmasse in Wasser gegebenenfalls im Gemisch mit Zusatzstoffen eingerührt wird.

Bei dem Rest R handelt es sich vorzugsweise um einen einwertigen Kohlenwasserstoffrest mit 1 bis 18 Kohlenstoffatom(en), der gegenüber Wasser inerte Substituenten aufweisen kann.

- Beispiele für Reste R sind Alkylreste, wie der Methyl-, Ethyl-, n-Propyl-, iso-Propyl-, n-Butyl-, iso-Butyl-,  
50 tert.-Butyl-, n-Pentyl-, iso-Pentyl-, neo-Pentyl-, tert.-Pentylrest, Hexylreste, wie der n-Hexylrest, Heptylreste, wie der n-Heptylrest, Octylreste, wie der n-Octylrest und iso-Octylreste, wie der 2,2,4-Trimethylpentylrest, Nonylreste, wie der n-Nonylrest, Decylreste, wie der n-Decylrest, Dodecylreste, wie der n-Dodecylrest, Octadecylreste, wie der n-Octadecylrest; Alkenylreste, wie der Vinyl-, Allyl-, n-5-Hexenyl-, 4-Vinylcyclohexyl- und der 3-Norbornenylrest; Cycloalkylreste, wie Cyclopentyl-, Cyclohexyl-, 4-Ethylcyclohexyl-, Cycloheptylreste, Norbornylreste  
55 und Methylcyclohexylreste; Arylreste, wie der Phenyl-, Biphenyl-, Naphthyl- und Anthryl- und Phenanthrylrest; Alkarylreste, wie o-, m-, p-Tolylreste, Xyllylreste und Ethylphenylreste; Aralkylreste, wie der Benzylrest, der alpha- und der beta-Phenylethylrest.

Beispiele für substituierte Kohlenwasserstoffreste als Rest R sind halogenierte Kohlenwasserstoffreste, wie der Chlormethyl-, 3-Chlorpropyl-, 3-Brompropyl-, 3,3,3-Trifluorpropyl- und 5,5,5,4,4,3,3-Heptafluorpropylrest, sowie der Chlorphenyl-, Dichlorphenyl- und Trifluortolylrest; Mercaptoalkylreste, wie der 2-Mercaptoethyl- und 3-Mercaptopropylrest; Cyanoalkylreste, wie der 2-Cyanoethyl- und 3-Cyanopropylrest; Aminoalkylreste, wie der 3-Aminopropyl-, N-(2-Aminoethyl)-3-aminopropyl- und N-(2-Aminoethyl)-3-amino(2-methyl)propylrest; Aminoarylreste, wie der Aminophenylrest; Acyloxyalkylreste, wie der 3-Acryloxypropyl- und 3-Methacryloxypropylrest; Hydroxyalkylreste, wie der Hydroxypropylrest und Reste der Formel

65



Bei dem Rest R handelt es sich besonders bevorzugt um den Methyl-, n-Propyl-, Vinyl-, n-5-Hexenyl-, 3-Norbornenyl-, Phenyl- und Tolyrest.

Beispiele für Rest R<sup>1</sup> sind die für R angegebenen Beispiele.

Bei dem Rest R<sup>1</sup> handelt es sich bevorzugt um Alkylgruppen mit 1 bis 6 Kohlenstoffatom(en), welche mit Alkyloxygruppen oder Hydroxygruppen substituiert sein können.

Bei dem Rest R<sup>1</sup> handelt es sich besonders bevorzugt um den Methyl-, Ethylrest-, n-Propyl-, iso-Propyl- und Hexylrest, insbesondere um den Methyl- und Ethylrest.

Beispiele für Rest R<sup>2</sup> sind die für R angegebenen Beispiele.

Bei dem Rest R<sup>2</sup> handelt es sich bevorzugt um Methyl-, Ethyl-, Vinyl-, n-5-Hexenyl-, 3-Norbornenyl- und Phenylreste, wobei Methyl-, Vinyl- und n-5-Hexenylreste besonders bevorzugt sind.

Beispiele für Rest R<sup>3</sup> sind die für R angegebenen Beispiele.

Bei dem Rest R<sup>3</sup> handelt es sich bevorzugt um den Methyl-, Vinyl- und Phenylrest, wobei der Methylrest besonders bevorzugt ist.

Falls bei dem erfindungsgemäßen Verfahren Teilhydrolysate von Silanen der allgemeinen Formel (I) eingesetzt werden, sind solche mit bis zu 15 Siliciumatomen bevorzugt.

Beispiele für die im erfindungsgemäßen Verfahren eingesetzten Silane der Formel (I) sind Tetramethoxysilan, Tetraethoxysilan, Tetra-n-propoxysilan, Methyltrimethoxysilan, Vinyltrimethoxysilan, 3-Mercaptopropyltrimethoxysilan, 3-Chlorpropyltrimethoxysilan, Phenyltrimethoxysilan, o,m,p-Tolyltrimethoxysilan, Propyltrimethoxysilan, Methyltriethoxysilan, Vinyltriethoxysilan, 3-Mercaptopropyltriethoxysilan, 3-Chlorpropyltriethoxysilan, Phenyltriethoxysilan, o,m,p-Tolyltriethoxysilan, Propyltriethoxysilan, Dimethyldiethoxysilan, Dimethyldimethoxysilan und Trimethylethoxysilan, wobei Tetraethoxysilan, Methyltrimethoxysilan, Methyltriethoxysilan, Phenyltriethoxysilan, o,m,p-Tolyltriethoxysilan und Propyltriethoxysilan bevorzugt eingesetzt werden.

Beispiele für die im erfindungsgemäßen Verfahren gegebenenfalls eingesetzten Organo(poly)siloxane der Formel (II) sind Hexamethyldisiloxan, 1,3-Diphenyltetramethyldisiloxan, 1,3-Bis(n-5-hexenyl)tetramethyldisiloxan, 1,3-Divinyltetramethyldisiloxan, wobei Hexamethyldisiloxan, 1,3-Divinyltetramethyldisiloxan und 1,3-Bis(n-5-hexenyl)tetramethyldisiloxan bevorzugt und Hexamethyldisiloxan besonders bevorzugt ist.

Beispiele für die im erfindungsgemäßen Verfahren gegebenenfalls eingesetzten Organo(poly)siloxane der Formel (III) sind Hexamethylcyclotrisiloxan, Octamethylcyclotetrasiloxan, Dekamethylcyclopentasiloxan, wobei Octamethylcyclotetrasiloxan und Dekamethylcyclopentasiloxan bevorzugt sind.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird in der 1. Stufe ein Gemisch aus Organo(poly)siloxan der Formel (II), insbesondere solches mit R<sup>2</sup> gleich Methyl- oder Vinylrest, und Silan der Formel (I) mit a gleich 0 und/oder dessen Teilhydrolysat im Molverhältnis von bevorzugt 0,5 : 1 bis 1,0 : 1,0, besonders bevorzugt 0,6 : 1 bis 0,9 : 1, eingesetzt.

Bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens werden in der 1. Stufe beliebige Gemische aus Silanen der Formel (I) und/oder deren Teilhydrolysate, mit der Maßgabe, daß mindestens ein Silan mit a gleich 0 oder 1 und/oder dessen Teilhydrolysat vorhanden ist, eingesetzt, in denen mindestens 20 Prozent, bevorzugt mindestens 50 Prozent, der gesamten Anzahl der Reste R aromatische Reste, wie der Phenyl- oder Tolyrest, sind. Bei den übrigen Resten R handelt es sich dabei vorzugsweise um den Methyl-, n-Propyl- oder Vinylrest. Der durchschnittliche Wert von a ist bei dieser bevorzugten Ausführungsform zwischen 0,3 und 2,1, besonders bevorzugt zwischen 0,5 und 1,5.

Ein weiterer Gegenstand der vorliegenden Erfindung sind SiC-gebundene n-5-Hexenylgruppen aufweisende Organopolysiloxanharze aus [R<sup>4</sup><sub>3</sub>SiO<sub>1/2</sub>]- und [SiO<sub>4/2</sub>]-Einheiten, wobei R<sup>4</sup> gleich oder verschieden sein kann und eine für R angegebene Bedeutung hat, mit der Maßgabe, daß mindestens ein Rest R<sup>4</sup> die Bedeutung von n-5-Hexenylrest hat.

Beispiele für Reste R<sup>4</sup> sind die für R angegebenen Beispiele.

Beispiele für erfindungsgemäße SiC-gebundene n-5-Hexenylgruppen aufweisende Organopolysiloxanharze sind Harze des Typs [HexSiMe<sub>2</sub>O<sub>1/2</sub>]<sub>d</sub>[Me<sub>3</sub>SiO<sub>1/2</sub>]<sub>d</sub>[SiO<sub>4/2</sub>]<sub>e</sub> mit Hex gleich n-5-Hexenylrest, Me gleich Methylrest, einem Verhältnis von c : d von 0,05 bis 0,2 und (c + d) : e von 0,5 bis 0,9.

Vorzugsweise handelt es sich bei den erfindungsgemäßen SiC-gebundene n-5-Hexenylgruppen aufweisenden Organopolysiloxanharzen um Harze des Typs [HexSiMe<sub>2</sub>O<sub>1/2</sub>]<sub>d</sub>[Me<sub>3</sub>SiO<sub>1/2</sub>]<sub>d</sub>[SiO<sub>4/2</sub>]<sub>e</sub> mit Hex gleich n-5-Hexenylrest, Me gleich Methylrest, wobei solche mit einem Verhältnis von c : d von 0,08 bis 0,15 und (c + d) : e von 0,7 bis 0,9 besonders bevorzugt sind.

Die erfindungsgemäßen SiC-gebundene n-5-Hexenylgruppen aufweisenden Organopolysiloxanharze können unter Verwendung von mindestens einem Organo(poly)siloxan der Formel (II), wobei mindestens ein Rest R<sup>2</sup> die Bedeutung von n-5-Hexenylrest hat, insbesondere 1,3-Bis-(n-5-hexenyl)tetramethyldisiloxan, und Silan der Formel (I) mit a gleich 0 und/oder dessen Teilhydrolysat im Molverhältnis von vorzugsweise 0,50 : 1 bis 0,80 : 1, besonders bevorzugt von 0,65 : 1 bis 0,75 : 1, nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellt werden.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird in der 1. Stufe zu Silan der Formel (I) und/oder dessen Teilhydrolysat gegebenenfalls im Gemisch mit Organo(poly)siloxan der Formel (II) und/oder (III) Wasser und Säure sowie gegebenenfalls weitere Stoffe gegeben und vermischt.

Bei der 1. Stufe des erfindungsgemäßen Verfahrens wird dabei Wasser in Mengen von vorzugsweise 10 bis 30 Gewichtsprozent, besonders bevorzugt 10 bis 20 Gewichtsprozent, insbesondere 14 bis 17 Gewichtsprozent, jeweils bezogen auf das Gesamtgewicht der Reaktionsmasse der 1. Stufe, eingesetzt.

Bei den in der 1. Stufe des erfindungsgemäßen Verfahrens eingesetzten Säuren kann es sich um die gleichen Säuren handeln, die auch bisher zur Hydrolyse von Silanen mit Organyloxygruppen verwendet wurden. Beispiele für derartige Säuren sind anorganische Säuren, wie HCl, HClO<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> und H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, organische Säuren, wie Ameisensäure, Essigsäure, Propionsäure, p-Toluolsulfonsäure, Methansulfonsäure, Trifluormethansulfonsäure, Dodecylbenzolsulfonsäure, sowie saure Ionenaustauschharze, wobei HCl, Dodecylbenzolsulfonsäure und p-Toluolsulfonsäure bevorzugt eingesetzt werden.

In der 1. Stufe des erfindungsgemäßen Verfahrens wird Säure in Mengen von vorzugsweise mindestens 10 ppm (parts per million), besonders bevorzugt mindestens 100 ppm, jeweils bezogen auf das Gesamtgewicht der Reaktionsmasse der 1. Stufe, eingesetzt. Die Obergrenze der Säurekonzentration hängt zum einen von der Art der Säure und zum anderen von dem gewünschten Grad an Homogenität der Reaktionsmasse ab. Beispielsweise hat sich bei der Verwendung von HCl als Säure ein Konzentrationsbereich von 100 bis 3000 ppm, bezogen auf das Gesamtgewicht der Reaktionsmasse der 1. Stufe, als vorteilhaft herausgestellt. Bei höheren Säurekonzentrationen wird im allgemeinen keine Homogenität der Reaktionsmasse erzielt.

Vorzugsweise liegt der pH-Wert der Reaktionsmasse in der 1. Stufe des erfindungsgemäßen Verfahrens im Bereich von 0 bis 3, besonders bevorzugt im Bereich von 1 bis 2.

Zusätzlich können in der 1. Stufe des erfindungsgemäßen Verfahrens bis zu vorzugsweise 0,01 Gewichtsprozent, bezogen auf das Gesamtgewicht der Reaktionsmasse der 1. Stufe, weitere Stoffe eingesetzt werden, wie zum Beispiel Polymerisationsinhibitoren, die die Homopolymerisation von olefinischen Einsatzstoffen, wie beispielsweise 1,3-Bis-(n-5-hexenyl)tetramethyldisiloxan, verhindern sollen.

Beispiele für gegebenenfalls eingesetzte Polymerisationsinhibitoren sind Hydrochinon, Brenzkatechin und BTH (2,6-Di-*t*-butyl-4-methylphenol).

Die bei der Hydrolyse in der 1. Stufe des erfindungsgemäßen Verfahrens entstehende Verbindung R<sup>1</sup>OH mit R<sup>1</sup> gleich der obengenannten Bedeutung kann während oder nach der Hydrolyse ganz oder teilweise entfernt werden.

Vorteilhafterweise wird die Verbindung R<sup>1</sup>OH, insbesondere bei R<sup>1</sup> gleich Alkylrest mit 1 bis 6 Kohlenstoffatom(en), während der Hydrolyse destillativ entfernt. Besonders bevorzugt wird die destillative Entfernung erst etwa 30 Minuten bis 1 Stunde nach Beginn der Hydrolyse gestartet, so daß das Abdestillieren eingesetzter Silane weitgehend vermieden wird.

Vorzugsweise wird Verbindung R<sup>1</sup>OH mit R<sup>1</sup> gleich der obengenannten Bedeutung in dem Maße abdestilliert, daß die Reaktionsmasse homogen bleibt. Vorzugsweise wird bis zu 95 Gewichtsprozent Verbindung R<sup>1</sup>OH, bezogen auf das Gesamtgewicht an entstandener Verbindung R<sup>1</sup>OH mit R<sup>1</sup> gleich der obengenannten Bedeutung, destillativ entfernt.

Die 1. Stufe des erfindungsgemäßen Verfahrens wird vorzugsweise bei einer Temperatur von 20°C bis zur Siedetemperatur der Reaktionsmasse, besonders bevorzugt bei der Siedetemperatur der Reaktionsmasse, und einem Druck zwischen bevorzugt 900 und 1100 hPa durchgeführt.

Die 1. Stufe des erfindungsgemäßen Verfahrens ist nach vorzugsweise 30 Minuten bis 5 Stunden, besonders bevorzugt 2 bis 3 Stunden, abgeschlossen.

Nach Beendigung der 1. Stufe des erfindungsgemäßen Verfahrens wird Base in mindestens einer solchen Menge, die zur Neutralisation der Reaktionsmasse notwendig ist, sowie gegebenenfalls weitere Stoffe zugegeben. Es handelt sich dabei im allgemeinen um Basenmengen im Bereich von 0,1 bis 2,0 Gewichtsprozent, bezogen auf das Gesamtgewicht der Reaktionsmasse der 2. Stufe.

Vorzugsweise wird in der 2. Stufe soviel Base zugegeben, daß der pH-Wert im Bereich von 8,0 bis 14,0, bevorzugt von 9,0 bis 12,0, liegt.

Als Basen können in der 2. Stufe des erfindungsgemäßen Verfahrens alle Basen eingesetzt werden, die auch bisher als Katalysatoren bei Kondensationsreaktionen eingesetzt wurden.

Beispiele für solche Basen sind Alkalihydroxide, wie Natriumhydroxid und Kaliumhydroxid, Alkalisiliconate, wie Natriumsiliconat und Kaliumsiliconat, Amine, wie beispielsweise Methylamin, Dimethylamin, Ethylamin, Diethylamin, Triethylamin und *n*-Butylamin, Ammoniumverbindungen, wie etwa Tetramethylammoniumhydroxid, Tetra-*n*-butylammoniumhydroxid und Benzyltrimethylammoniumhydroxid, und basische Ionenaustauscher, wobei Natriumhydroxid, Methylamin, Ethylamin, Diethylamin und Benzyltrimethylammoniumhydroxid bevorzugt und die leicht flüchtigen Basen Methylamin, Ethylamin und Diethylamin besonders bevorzugt sind.

Falls erwünscht, kann die Base im Gemisch mit Wasser und/oder einem polaren, wasserlöslichen organischen Lösungsmittel zugegeben werden. Die Verdünnung der Base darf jedoch nicht so hoch sein, daß die Basenzugabe zu einer Ausfällung des entstandenen Organopolysiloxanharzes führt.

Falls erwünscht, kann in der 2. Stufe des erfindungsgemäßen Verfahrens polares, wasserlösliches organisches Lösungsmittel eingesetzt werden, was je nach Einsatzmenge und Art des Lösungsmittels zum Erreichen einer homogenen Reaktionsmasse beitragen kann.

Unter dem Begriff polare, wasserlösliche organische Lösungsmittel sollen im Folgenden bei Raumtemperatur und dem Druck der umgebenden Atmosphäre mit Wasser bevorzugt vollständig mischbare Lösungsmittel verstanden werden. Die Mindestlöslichkeit des organischen Lösungsmittels muß jedoch bei Raumtemperatur und dem Druck der umgebenden Atmosphäre über 300 g/l Wasser liegen.

Beispiele für polare, wasserlösliche organische Lösungsmittel sind Methanol, Ethanol, Aceton, Dioxan, Dimethylformamid, Tetrahydrofuran, Dimethylsulfoxid sowie deren Gemische, wobei Tetrahydrofuran und Dioxan bevorzugt und Tetrahydrofuran besonders bevorzugt ist.

Falls polares, wasserlösliches organisches Lösungsmittel verwendet wird, wird es vorzugsweise in solchen Mengen eingesetzt, die zum Erreichen einer weitgehend homogenen Reaktionsmasse führen. Es handelt sich dabei bevorzugt um Mengen von bis zu 30 Gewichtsprozent, besonders bevorzugt bis zu 20 Gewichtsprozent polares, wasserlösliches organisches Lösungsmittel, jeweils bezogen auf das Gesamtgewicht der Reaktionsmas-



se der 2. Stufe.

Beispiele für die in der 2. Stufe gegebenenfalls eingesetzten weiteren Stoffe sind Silane der Formel (I), in denen die Reste R ganz oder zum Teil die Bedeutung von säureempfindlichen organischen Resten haben, wie beispielsweise 3-Aminopropyl-, N-(2-Aminoethyl)-3-aminopropyl- sowie Aminophenylreste.

Die 2. Stufe des erfindungsgemäßen Verfahrens wird vorzugsweise bei einer Temperatur zwischen 50°C und der Siedetemperatur der Reaktionsmasse, besonders bevorzugt bei der Siedetemperatur der Reaktionsmasse und einem Druck von bevorzugt zwischen 900 und 1100 hPa durchgeführt.

Die 2. Stufe des erfindungsgemäßen Verfahrens ist nach vorzugsweise 1 bis 5 Stunden, besonders bevorzugt 2 bis 4 Stunden, abgeschlossen.

Nach Beendigung der 2. Stufe wird die Reaktionsmasse in Wasser gegebenenfalls im Gemisch mit Zusatzstoffen eingerührt, wobei das Organopolysiloxanharz als hydrophobe Partikel ausfällt.

Die in der 3. Stufe des erfindungsgemäßen Verfahrens verwendete Menge an Wasser beträgt vorzugsweise 500 bis 1000 Gewichtsprozent, besonders bevorzugt 600 bis 700 Gewichtsprozent, jeweils bezogen auf das Gesamtgewicht der Reaktionsmasse der 2. Stufe.

Um basenfreies Organopolysiloxanharz zu erhalten, kann die in der 2. Stufe erhaltene Reaktionsmasse nach Beendigung der 2. Stufe vor der Fällung in Wasser mit Säure neutralisiert werden oder die Fällung in saurehaltigem Wasser durchgeführt werden. Als Säuren sind dabei alle in der 1. Stufe genannten Säuren geeignet. Falls neutralisiert werden soll, was insbesondere bei der Herstellung phenylgruppenhaltiger Organopolysiloxanharze der Fall ist, wird die Neutralisation der in der 2. Stufe des erfindungsgemäßen Verfahrens erhaltenen Reaktionsmasse vor der Fällung bevorzugt.

Dem in der 3. Stufe des erfindungsgemäßen Verfahrens eingesetzten Wasser können neben Säure auch andere Zusatzstoffe, wie beispielsweise Flockungshilfsmittel zugesetzt werden.

Beispiele für Flockungshilfsmittel sind Polyvinylacetat, Polyvinylalkohol, Polyacrylat und Polyamin.

Falls in der 3. Stufe des erfindungsgemäßen Verfahrens Flockungshilfsmittel eingesetzt werden, werden diese in Mengen von vorzugsweise 0,01 bis 0,05 Gewichtsprozent, bezogen auf die in der 3. Stufe eingesetzte Menge an Wasser, verwendet.

Vorzugsweise wird in der 3. Stufe des erfindungsgemäßen Verfahrens jedoch neutrales Wasser ohne Zusatzstoffe eingesetzt, so daß Rückstände im erfindungsgemäß hergestellten Organopolysiloxanharz weitgehend vermieden werden können.

Die 3. Stufe des erfindungsgemäßen Verfahrens wird vorzugsweise bei Temperaturen von 0 bis 50°C, besonders bevorzugt 10 bis 25°C, und einem Druck von 900 bis 1100 hPa durchgeführt. Es können jedoch auch höhere oder niedrigere Drücke angewendet werden. Wird die Fällung bei vermindertem Druck bzw. im Vakuum durchgeführt, können leichtflüchtige Bestandteile noch während der Fällung zumindest zum Teil entfernt werden.

Die 3. Stufe des erfindungsgemäßen Verfahrens kann absatzweise in einem Rührwerk durchgeführt werden. Eine einfache abfallreduzierende, kontinuierliche Durchführung der Fällung ist aber ebenso möglich. Dazu werden beispielsweise in einer Loop Reaktionsmasse der 2. Stufe und Fällungswasser zudosiert und das ausgefallene Harz mit Hilfe einer Filtrationseinrichtung abgetrennt. Das Wasser wird, falls es polares, wasserlösliches organisches Lösungsmittel enthält, von diesem befreit und wieder zur Fällung eingesetzt. Das organische Lösungsmittel kann in der 2. Stufe des erfindungsgemäßen Verfahrens wiederverwendet werden.

Nach einer besonders bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird Silan der Formel (I) mit  $a$  gleich 0, insbesondere Tetraethoxysilan, und/oder dessen Teilhydrolysat und Organo(poly)siloxan der Formel (II)

in einer 1. Stufe mit Wasser und Säure vermischt, bei der Siedetemperatur der Reaktionsmasse, im Fall von Tetraethoxysilan und/oder dessen Teilhydrolysat 78°C, und einem Druck zwischen 900 und 1100 hPa umgesetzt, in einer 2. Stufe die in der 1. Stufe erhaltene Reaktionsmasse in Anwesenheit von Base und einem polaren, wasserlöslichen organischen Lösungsmittel, insbesondere Tetrahydrofuran, bei der Siedetemperatur der Reaktionsmasse, im Fall von Tetrahydrofuran 65°C, und einem Druck zwischen 900 und 1100 hPa umgesetzt und in einer 3. Stufe die in der 2. Stufe erhaltene Reaktionsmasse bei Raumtemperatur und einem Druck zwischen 900 und 1100 hPa in Wasser eingerührt.

Das erfindungsgemäße Verfahren kann diskontinuierlich, halbkontinuierlich und kontinuierlich durchgeführt werden. Eine kontinuierliche Herstellung von Organopolysiloxanharz ist beispielsweise möglich, wenn die in der ersten Stufe erhaltene Reaktionsmasse und Base zudosiert werden, wobei die entstehende Verbindung  $R^1OH$  mit  $R^1$  gleich der obengenannten Bedeutung kontinuierlich abdestilliert wird, und nach Beendigung der Umsetzung die Reaktionsmasse in Wasser eingerührt wird.

Das erfindungsgemäße Verfahren hat den Vorteil, daß es sehr einfach in der Durchführung ist, hohe Raum-Zeit-Ausbeuten liefert und keine wasserunlöslichen Lösungsmittel zur Abtrennung des Organopolysiloxanharzes benötigt werden. Nach dem erfindungsgemäßen Verfahren werden Harze mit einer großen Reinheit erhalten, die als feine Pulver mit einer hohen Lösungskinetik anfallen. Das erfindungsgemäße Verfahren hat des weiteren den Vorteil, daß die thermische Belastung des Harzes sehr gering ist.

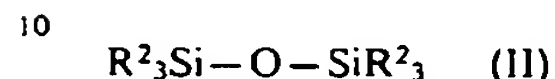
Das erfindungsgemäße Organopolysiloxanharz hat ein durchschnittliches Molekulargewicht von vorzugsweise 3000 bis 10 000 und weist durchschnittlich weniger als, bezogen auf Silicium, 3 Molprozent Reste  $-OR^1$  mit  $R^1$  gleich der obengenannten Bedeutung auf. Das erfindungsgemäße Organopolysiloxanharz ist zumindest zum Teil, vorzugsweise jedoch ganz, in flüssigem Organopolysiloxan löslich.

Beispiele für die erfindungsgemäßen Organopolysiloxanharze sind  $[Me_3SiO_{1/2}]_x[SiO_{4/2}]_y$  mit Me gleich Methylrest und einem Verhältnis von  $x : y$  von 0,6 : 1 bis 0,9 : 1 und  $[Me_3SiO_{1/2}]_x[Me_2ViSiO_{1/2}]_y[SiO_{4/2}]_z$  mit Me gleich Methylrest, Vi gleich Vinylrest und einem Verhältnis von  $(x+y) : z$  von 0,6 : 1 bis 0,9 : 1 und einem Verhältnis von  $x : y$  von 98 : 2 bis 80 : 20.

Ein weiterer Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ein Verfahren zur Herstellung von Organopolysiloxanharzpulver, dadurch gekennzeichnet, daß in einer 1. Stufe mindestens ein Silan der Formel



wobei a, R und  $R^1$  die oben dafür angegebene Bedeutung haben, und/oder dessen Teilhydrolysat, mit der Maßgabe, daß mindestens ein Silan der Formel (I) mit a gleich 0 oder 1 und/oder dessen Teilhydrolysat eingesetzt wird, sowie gegebenenfalls Organo(poly)siloxan ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus



wobei  $R^2$  die oben dafür angegebene Bedeutung hat, und



wobei  $R^3$  und b die oben dafür angegebene Bedeutung haben, sowie deren Gemische in Wasser in Gegenwart von Säure und gegebenenfalls weiteren Stoffen umgesetzt wird, in einer 2. Stufe die in der 1. Stufe erhaltene Reaktionsmasse in Anwesenheit von Base sowie gegebenenfalls weiteren Stoffen umgesetzt wird, in einer 3. Stufe die in der 2. Stufe erhaltene Reaktionsmasse in Wasser gegebenenfalls im Gemisch mit Zusatzstoffen eingerührt wird sowie in einer 4. Stufe das in der 3. Stufe erhaltene, ausgefallene Organopolysiloxanharz abfiltriert, gegebenenfalls mit Wasser gewaschen und getrocknet wird.

25 Die Trocknung des erfindungsgemäßen Organopolysiloxanharzes kann in üblichen Trocknern, wie zum Beispiel einem Wirbelschichttrockner, bei Temperaturen vorzugsweise bis 200°C, besonders bevorzugt bis 160°C, und einem Druck zwischen 900 und 1100 hPa durchgeführt werden. Die Trocknung kann jedoch auch bei höheren oder niedrigeren Drücken durchgeführt werden. Die Trocknung thermolabiler Organopolysiloxanharze wird vorzugsweise bei vermindertem Druck, insbesondere im Vakuum, und entsprechend niedrigeren Temperaturen durchgeführt.

30 Die Teilchengröße des erfindungsgemäßen Organopolysiloxanharzpulvers ist von mehreren Faktoren abhängig, wie beispielsweise von der Dosiergeschwindigkeit der Reaktionsmasse der 2. Stufe zum Fällungswasser, von den Rühr- und Strömungsverhältnissen bei der Fällung in der 3. Verfahrensstufe und der Zeitdauer der Bewegung im Fällbad, von gegebenenfalls eingesetzten Zusatzstoffen sowie von der Trocknung in der 4. Stufe des erfindungsgemäßen Verfahrens.

35 Das erfindungsgemäße Verfahren zur Herstellung von Organopolysiloxanpulver hat den Vorteil, daß es technisch sehr einfach durchführbar und reproduzierbar ist und auf die Anwendung aufwendiger Mahlprozesse verzichtet werden kann. Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren ist es aufgrund der milden Reaktionsbedingungen möglich, thermolabile Organopolysiloxanharzpulver herzustellen.

40 Die so erhaltenen, erfindungsgemäßen Organopolysiloxanharzpulver haben eine durchschnittliche Partikelgröße von vorzugsweise 1 bis 200 µm. Die erfindungsgemäßen Organopolysiloxanharzpulver sind zumindest zum Teil, vorzugsweise jedoch ganz, in flüssigen Organopolysiloxanen und gängigen organischen Lösungsmitteln löslich. In organischen Lösungsmitteln, wie Toluol, Aceton, Hexan und Tetrahydrofuran, sind die erfindungsgemäßen Organopolysiloxanharzpulver ausgezeichnet löslich, während sie in niedrigen Alkoholen, wie Methanol und Ethanol, nur zum Teil löslich sind.

45 Die erfindungsgemäßen Organopolysiloxanharzpulver haben den Vorteil, daß sie frei von organischem Lösungsmittel anfallen, eine gute Lösungskinetik besitzen und darüberhinaus eine gute Lagerstabilität aufweisen.

Die erfindungsgemäßen Organopolysiloxanharze eignen sich für alle Anwendungen, für die auch bisher Organopolysiloxanharze eingesetzt werden konnten. So können die erfindungsgemäßen Organopolysiloxanharzpulver beispielsweise als Zusatz zu Antischaummitteln, Tonern, Lack- und anderen Beschichtungssystemen, wie etwa Papierbeschichtungsmassen, verwendet werden. Sie können aber auch anstelle hydrophobierter hochdisperser Kieselsäure als Füllstoffe in Kunststoffen, insbesondere Siliconkautschuk, verwendet werden. Insbesondere die erfindungsgemäßen Organopolysiloxanharzpulver mit SiC-gebundenen aromatischen Resten, wie phenyl- und/oder tolylgruppenhaltige Organopolysiloxanharzpulver, eignen sich hervorragend zur Herstellung witterungsstabiler Lacke.

55 Die erfindungsgemäßen, mindestens eine SiC-gebundene n-5-Hexenylgruppe aufweisenden Organopolysiloxanharzpulver können in bei niedrigen Temperaturen vulkanisierenden Beschichtungssystemen, den sog. LTC-Systemen (Low Temperatur Curing), insbesondere für schnell vernetzende Systeme bei der Papierbeschichtung, verwendet werden.

60 In den nachfolgenden Beispielen beziehen sich alle Angaben von Teilen und Prozentsätzen, soweit nichts anderes angegeben ist, auf das Gewicht. Sofern nicht anders angegeben, werden die nachstehenden Beispiele bei einem Druck der umgebenden Atmosphäre, also etwa bei 1000 hPa, und bei Raumtemperatur also bei etwa 20°C bzw. bei einer Temperatur, die sich beim Zusammengeben der Reaktanden bei Raumtemperatur ohne zusätzliche Heizung oder Kühlung einstellt, durchgeführt. Alle in den Beispielen angeführten Viskositätsangaben sollen sich auf eine Temperatur von 25°C beziehen.

65

## Beispiel 1

Zu 900 g Tetraethoxysilan mit einem 40%igen  $\text{SiO}_2$ -Anteil (käuflich erhältlich unter der Bezeichnung TES 40 bei der Wacker-Chemie GmbH, München) und 400 g Hexamethyldisiloxan werden 200 g Wasser und 4 g 10%ige HCl in Wasser gegeben, für eine Dauer von 2 Stunden bei einer Temperatur von  $78^\circ\text{C}$  unter Rückfluß erhitzt und anschließend während einer Dauer von einer Stunde 470 g Ethanol abdestilliert. Zu dem homogenen Gemisch werden danach 100 ml Tetrahydrofuran und 2,5 g einer 40%igen Lösung von Methylamin in Wasser (käuflich erhältlich bei der Fa. Merck, Darmstadt) gegeben und das ganze für eine Dauer von 3 Stunden bei  $65^\circ\text{C}$  unter Rückfluß erhitzt. Anschließend wird die so erhaltene homogene Reaktionsmasse unter kräftigem Rühren in 5 l Wasser gegeben, der entstandene Niederschlag abfiltriert und bei  $120^\circ\text{C}$  getrocknet. Es werden 720 g eines weißen, nicht schmelzbaren Organopolysiloxanharzpulvers mit einem Restethoxygehalt von 2,3%, einem mittleren Teilchendurchmesser von  $20,0\ \mu\text{m}$ , einem Resthydroxygehalt von 0,9% und einer Schüttdichte von  $0,35\ \text{kg/l}$  erhalten.

Das so erhaltene Organopolysiloxanharzpulver ist in gängigen organischen Lösungsmitteln, wie Toluol, Aceton, Hexan und Tetrahydrofuran, sowie in flüssigen Organopolysiloxanen, wie zum Beispiel  $\alpha,\omega$ -Trimethylsilylpolydimethylsiloxan mit einer Viskosität von  $350\ \text{mm}^2/\text{s}$ , bis zu 60% löslich.

Die Viskosität einer 50%igen Lösung des erhaltenen Organopolysiloxanharzpulvers in Toluol beträgt  $5\ \text{mm}^2/\text{s}$ .

## Beispiel 2

Die in Beispiel 1 angegebene Arbeitsweise wird wiederholt mit der Abänderung, daß anstelle von 400 g Hexamethyldisiloxan 385 g Hexamethyldisiloxan und 60 g 1,3-Divinyltetramethyldisiloxan eingesetzt wird. Die Reaktionsmasse ist in der sauren Stufe wie auch in der basischen Stufe homogen. Es werden 740 g eines weißen, nicht schmelzbaren Organopolysiloxanharzpulvers mit einem Restethoxygehalt von 2,5%, einem mittleren Teilchendurchmesser von  $20,0\ \mu\text{m}$ , einem Resthydroxygehalt von 0,7% und einer Schüttdichte von  $0,35\ \text{kg/l}$  erhalten.

Das so erhaltene Organopolysiloxanharzpulver ist in gängigen organischen Lösungsmitteln, wie Toluol, Aceton, Hexan und Tetrahydrofuran, sowie in flüssigen Organopolysiloxanen, wie zum Beispiel  $\alpha,\omega$ -Trimethylsilylpolydimethylsiloxan mit einer Viskosität von  $350\ \text{mm}^2/\text{s}$  bis zu 60% löslich.

Die Viskosität einer 50%igen Lösung des erhaltenen Organopolysiloxanharzpulvers in Toluol beträgt  $3,2\ \text{mm}^2/\text{s}$ .

## Beispiel 3

Zu 900 g Tetraethoxysilan mit einem 40%igen  $\text{SiO}_2$ -Anteil (käuflich erhältlich unter der Bezeichnung TES 40 bei der Wacker-Chemie GmbH, München), 400 g Hexamethyldisiloxan und 50 g 1,3-Bis-(n-5-hexenyl)tetramethyldisiloxan werden 200 g Wasser und 8 g 10%ige HCl in Wasser gegeben und wie in Beispiel 1 beschrieben verfahren. Die Reaktionsmasse ist in der sauren Stufe wie auch in der basischen Stufe homogen. Es werden 735 g eines weißen, nicht schmelzbaren Organopolysiloxanharzpulvers mit einem Restethoxygehalt von 2,5% und einem mittleren Teilchendurchmesser von  $18,0\ \mu\text{m}$  erhalten.

Das so erhaltene Organopolysiloxanharzpulver ist in gängigen organischen Lösungsmitteln, wie Toluol, Aceton, Hexan und Tetrahydrofuran, sowie in flüssigen Organopolysiloxanen, wie zum Beispiel  $\alpha,\omega$ -Trimethylsilylpolydimethylsiloxan mit einer Viskosität von  $350\ \text{mm}^2/\text{s}$ , bis zu 60% löslich.

Die Viskosität einer 80%igen Lösung des erhaltenen Organopolysiloxanharzpulvers in Cyclohexan beträgt  $84\ \text{mm}^2/\text{s}$ .

## Beispiel 4

Zu 900 g Tetraethoxysilan mit einem 40%igen  $\text{SiO}_2$ -Anteil (käuflich erhältlich unter der Bezeichnung TES 40 bei der Wacker-Chemie GmbH, München), 385 g Hexamethyldisiloxan und 20 g 1,3-Bis-3-norbornenyltetramethyldisiloxan mit einem endo:exo-Verhältnis gleich 1:1 werden 200 g Wasser und 3 g Dodecylbenzolsulfonsäure gegeben und wie in Beispiel 1 beschrieben verfahren. Die Reaktionsmasse ist in der sauren Stufe wie auch in der basischen Stufe homogen. Es werden 670 g eines weißen, nicht schmelzbaren Organopolysiloxanharzpulvers mit einem Restethoxygehalt von 2,5% und einem mittleren Teilchendurchmesser von  $20,0\ \mu\text{m}$  erhalten.

Das so erhaltene Organopolysiloxanharzpulver ist in gängigen organischen Lösungsmitteln, wie Toluol, Aceton, Hexan und Tetrahydrofuran, sowie in flüssigen Organopolysiloxanen, wie zum Beispiel  $\alpha,\omega$ -Trimethylsilylpolydimethylsiloxan mit einer Viskosität von  $350\ \text{mm}^2/\text{s}$ , bis zu 60% löslich.

Die Viskosität einer 50%igen Lösung des erhaltenen Organopolysiloxanharzpulvers in Toluol beträgt  $3,5\ \text{mm}^2/\text{s}$ .

## Vergleichsversuch 1

Die in den Beispielen 1 bis 4 beschriebene Arbeitsweise wird wiederholt mit der Abänderung, daß jeweils nach der Abdestillation des bei der sauren Hydrolyse entstandenen Ethanol die Reaktionsmasse ohne Zugabe von Methylamin und Tetrahydrofuran in 5 l Wasser eingerührt wird, wobei eine zähe, klebrige Masse ausfällt. Die so erhaltene Masse wird abgetrennt und bei Raumtemperatur getrocknet, wobei ein in allen gängigen organischen Lösungsmitteln und in flüssigen Organopolysiloxanen unlösliches Organopolysiloxanharz erhalten wird.



## Beispiel 5

Zu 240 ml Phenyltriethoxysilan und 116 ml n-Propyltriethoxysilan werden 160 ml Wasser und 3,6 ml 10%ige HCl in Wasser gegeben, für eine Dauer von 2 Stunden bei einer Temperatur von 78°C unter Rückfluß erhitzt und anschließend während einer Dauer von einer Stunde 240 ml Ethanol abdestilliert. Danach werden 150 ml Tetrahydrofuran und 8,0 g Diethylamin (käuflich erhältlich bei der Fa. Merck, Darmstadt) zugegeben und das ganze für eine Dauer von 4 Stunden bei 65°C unter Rückfluß erhitzt. Nach dem Neutralisieren mit Essigsäure wird die Reaktionsmasse unter kräftigem Rühren in 3 l Wasser gegeben, der entstandene Niederschlag abfiltriert und bei 80°C und 15 hPa getrocknet. Die Reaktionsmasse ist in der sauren Stufe wie auch in der basischen Stufe homogen. Es werden 160 g eines weißen Organopolysiloxanharzpulvers mit einem Restethoxygehalt von 1,3%, einem mittleren Teilchendurchmesser von 17,0 µm und einem Schmelzbereich von 90 bis 120°C erhalten.

Das so erhaltene Organopolysiloxanharzpulver ist in gängigen organischen Lösungsmitteln, wie Toluol, Aceton, Hexan und Tetrahydrofuran bis zu 60% löslich.

Die Viskosität einer 50%igen Lösung des erhaltenen Organopolysiloxanharzpulvers in Toluol beträgt 22 mm<sup>2</sup>/s.

## Vergleichsversuch 2

Die in Beispiel 5 beschriebene Verfahrensweise wird wiederholt mit der Abänderung, daß nach der Abdestillation des bei der sauren Hydrolyse entstandenen Ethanol die Reaktionsmasse ohne Zugabe von Diethylamin und Tetrahydrofuran in 3 l Wasser eingerührt wird, wobei eine zähe, klebrige Masse ausfällt, die nach Abtrennung und Trocknung bei Raumtemperatur zu einem in allen gängigen, organischen Lösungsmitteln unlöslichen Organopolysiloxanharz erstarrt.

## Beispiel 6

Zu 400 g Phenyltrimethoxysilan, 40 g Tolytrimethoxysilan, 30 g Dimethyldimethoxysilan und 30 g Hexamethyldisiloxan werden 85 ml Wasser und 2,0 g 10%ige HCl in Wasser gegeben, für eine Dauer von 3 Stunden bei einer Temperatur von 65°C unter Rückfluß erhitzt und anschließend während einer Dauer von einer Stunde 450 g Methanol abdestilliert. Danach werden 100 g Tetrahydrofuran und 10,0 g einer 70%igen Lösung von Ethylamin in Wasser (käuflich erhältlich bei der Fa. Merck, Darmstadt) zugegeben und das ganze für eine Dauer von 4 Stunden bei 65°C unter Rückfluß erhitzt. Anschließend wird die so erhaltene Reaktionsmasse unter kräftigem Rühren in 3 l Wasser, welches 0,1% Flocculationshilfsmittel auf Polyvinylacetatbasis (käuflich erhältlich unter der Bezeichnung PVA 40/140 bei der Wacker-Chemie GmbH, München) enthält, gegeben, der entstandene Niederschlag abfiltriert und bei 80°C und 15 hPa getrocknet. Die Reaktionsmasse ist in der sauren Stufe wie auch in der basischen Stufe homogen. Es werden 200 g eines weißen Organopolysiloxanharzpulvers mit einem Restmethoxygehalt von 1,8%, einem mittleren Teilchendurchmesser von 20,0 µm und einem Schmelzbereich von 100 bis 120°C erhalten.

Das so erhaltene Organopolysiloxanharzpulver ist in gängigen organischen Lösungsmitteln, wie Toluol, Aceton, Hexan und Tetrahydrofuran bis zu 60% löslich.

## Beispiel 7

Zu 428 g Phenyltriethoxysilan werden 86 g einer Lösung aus 10 mmol Dodecylbenzolsulfonsäure in 1 l Wasser gegeben, für eine Dauer von 3 Stunden bei einer Temperatur von 78°C unter Rückfluß erhitzt, wobei 100 g Ethanol als Destillat entnommen werden. Anschließend werden 0,6 g Diethylamin (käuflich erhältlich bei der Fa. Merck, Darmstadt) zugegeben, das ganze für eine Dauer von 1 Stunde bei 78°C unter Rückfluß erhitzt und danach mit Essigsäure vorsichtig neutralisiert. Die so erhaltene Reaktionsmasse wird unter kräftigem Rühren in 3 l Wasser gegeben, der entstandene Niederschlag abfiltriert und bei 80°C und 15 hPa getrocknet. Die Reaktionsmasse ist in der sauren Stufe wie auch in der basischen Stufe homogen. Es werden 205 g eines weißen Organopolysiloxanharzpulvers mit einem Restethoxygehalt von 2,0% erhalten.

Das so erhaltene Organopolysiloxanharzpulver ist in gängigen organischen Lösungsmitteln, wie Toluol, Aceton, Hexan und Tetrahydrofuran bis zu 60% löslich.

## Beispiel 8

Zu 800 g Tetraethoxysilan mit einem 40%igen SiO<sub>2</sub>-Anteil (käuflich erhältlich unter der Bezeichnung TES 40 bei der Wacker-Chemie GmbH, München), 50 g Methyltriethoxysilan, 50 g Phenyltriethoxysilan und 360 g Hexamethyldisiloxan werden 200 g Wasser und 4 g 10%ige HCl in Wasser gegeben, für eine Dauer von 2 Stunden bei einer Temperatur von 78°C unter Rückfluß erhitzt und anschließend während einer Dauer von einer Stunde 450 g Ethanol abdestilliert. Danach werden 200 g Dioxan und 4,0 g einer 40%igen Lösung von Methylamin in Wasser (käuflich erhältlich bei der Fa. Merck, Darmstadt) zugegeben und das ganze für eine Dauer von 3 Stunden bei 90°C unter Rückfluß erhitzt. Anschließend wird die so erhaltene Reaktionsmasse unter kräftigem Rühren und einem Druck von 500 hPa in 5 l Wasser gegeben, der entstandene Niederschlag abfiltriert und bei 80°C und 15 hPa getrocknet. Die Reaktionsmasse ist in der sauren Stufe wie auch in der basischen Stufe homogen. Es werden 700 g eines weißen, unschmelzbaren Organopolysiloxanharzpulvers mit einem Restethoxygehalt von 2,3% und einem mittleren Teilchendurchmesser von 20,0 µm erhalten.

Das so erhaltene Organopolysiloxanharzpulver ist in gängigen organischen Lösungsmitteln, wie Toluol,



Aceton, Hexan und Tetrahydrofuran bis zu 40% löslich.

### Beispiel 9

450 g Tetraethoxysilan mit einem 40%igen  $\text{SiO}_2$ -Anteil (käuflich erhältlich unter der Bezeichnung TES 40 bei der Wacker-Chemie GmbH, München), 166 g Hexamethyldisiloxan, 28 mg BHT (käuflich erhältlich bei der Fa. Fluka, Neu-Ulm) und 42 g 1,3-Bis-(n-5-hexenyl)tetramethyldisiloxan werden zu 100 g Wasser und 3,8 g 10%iger HCl in Wasser gegeben, für eine Dauer von 3 Stunden unter Rückfluß erhitzt, wobei nach 30 Minuten eine klare Lösung entsteht. Anschließend werden während einer Dauer von einer Stunde 300 ml Destillat abgenommen. Dann wird eine Lösung von 3,4 g Methylamin 40%ig in Wasser (käuflich erhältlich bei der Fa. Merck, Darmstadt) in 150 ml Tetrahydrofuran zugegeben und die klare Lösung für eine Dauer von 3 Stunden unter Rückfluß erhitzt. Anschließend wird die so erhaltene Reaktionsmasse in 2,5 l Wasser eingerührt. Nach 30 Minuten Rühren wird das ausgefallene Harz abfiltriert, mit Wasser gewaschen und bei 160°C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Es werden 365 g eines weißen, nicht schmelzbaren Organopolysiloxanharzpulvers mit einem Restethoxygehalt von 2,5% erhalten.

Das so erhaltene Organopolysiloxanharzpulver ist in gängigen organischen Lösungsmitteln, wie Toluol, Aceton, Hexan und Tetrahydrofuran, sowie in flüssigen Organopolysiloxanen, wie zum Beispiel  $\alpha,\omega$ -Trimethylsilylpolydimethylsiloxan mit einer Viskosität von 350  $\text{mm}^2/\text{s}$ , bis zu 60% löslich.

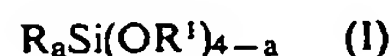
Die Viskosität einer 50%igen Lösung des erhaltenen Organopolysiloxanharzpulvers in Toluol beträgt 9  $\text{mm}^2/\text{s}$ .

### Vergleichsbeispiel 3

500 g Wasser und 50 g wäßriger Ammoniak (28%) werden auf 10°C abgekühlt. Innerhalb von 40 Minuten wird eine Mischung aus 147 g Methyltrimethoxysilan und 54 g Phenyltrimethoxysilan zugetropft, wobei die Temperatur auf 33°C ansteigt. Die Mischung wird anschließend eine Stunde lang unter Rückfluß erhitzt, auf Raumtemperatur abgekühlt und das ausgefallene Pulver abfiltriert, mit Wasser nachgewaschen und bei 120°C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Es entsteht ein weißes in allen gängigen organischen Lösungsmitteln unlösliches Pulver in 95%iger Ausbeute.

### Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von Organopolysiloxanharz, dadurch gekennzeichnet, daß in einer 1. Stufe mindestens ein Silan der Formel



wobei

a 0, 1, 2 oder 3 ist,

R gleich oder verschieden sein kann und einen einwertigen organischen Rest bedeutet und

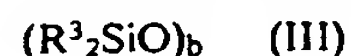
$\text{R}^1$  gleich oder verschieden sein kann und einen einwertigen organischen Rest bedeutet,

und/oder dessen Teilhydrolysat, mit der Maßgabe, daß mindestens ein Silan der Formel (I) mit a gleich 0 oder 1 und/oder dessen Teilhydrolysat eingesetzt wird,

sowie gegebenenfalls Organo(poly)siloxan ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus



wobei  $\text{R}^2$  gleich oder verschieden sein kann und eine für R angegebene Bedeutung hat,



wobei  $\text{R}^3$  gleich oder verschieden sein kann und eine für R angegebene Bedeutung hat und b eine ganze Zahl im Wert von 3 bis 8 ist, sowie deren Gemische in Wasser in Gegenwart von Säure und gegebenenfalls weiteren Stoffen umgesetzt wird und

in einer 2. Stufe die in der 1. Stufe erhaltene Reaktionsmasse in Anwesenheit von Base sowie gegebenenfalls weiteren Stoffen umgesetzt wird sowie

in einer 3. Stufe die in der 2. Stufe erhaltene Reaktionsmasse in Wasser gegebenenfalls im Gemisch mit Zusatzstoffen eingerührt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß in der 1. Stufe ein Gemisch aus Organo(poly)siloxan der Formel (II) und Silan der Formel (I) mit a gleich 0 und/oder dessen Teilhydrolysat eingesetzt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß in der 1. Stufe beliebige Gemische aus Silanen der Formel (I) und/oder deren Teilhydrolysate, mit der Maßgabe, daß mindestens ein Silan mit a gleich 0 oder 1 und/oder dessen Teilhydrolysat vorhanden ist, eingesetzt werden, in denen mindestens 20 Prozent der gesamten Anzahl der Reste R aromatische Reste sind.

4. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß in der 1. Stufe als Säure HCl, p-Toluolsulfonsäure oder Dodecylbenzolsulfonsäure eingesetzt wird.

5. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die 2. Stufe bei einem pH-Wert zwischen 8,0 und 14,0 durchgeführt wird.

6. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß in der 3. Stufe Wasser in Mengen von 500 bis 1000 Gewichtsprozent, bezogen auf das Gesamtgewicht der Reaktionsmasse der 2. Stufe, eingesetzt wird.

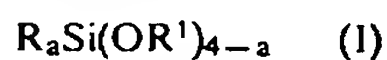
7. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß Silan der Formel (I) mit  $a$  gleich 0 und/oder dessen Teilhydrolysat und Organo(poly)siloxan der Formel (II) in einer 1. Stufe mit Wasser und Säure vermischt und bei der Siedetemperatur der Reaktionsmasse und einem Druck zwischen 900 und 1100 hPa umgesetzt wird,

in einer 2. Stufe die in der 1. Stufe erhaltene Reaktionsmasse in Anwesenheit von Base und einem polaren, wasserlöslichen organischen Lösungsmittel bei der Siedetemperatur der Reaktionsmasse und einem Druck zwischen 900 und 1100 hPa umgesetzt wird und

in einer 3. Stufe die in der 2. Stufe erhaltene Reaktionsmasse bei Raumtemperatur und einem Druck zwischen 900 und 1100 hPa in Wasser eingerührt wird.

8. SiC-gebundene n-5-Hexenylgruppen aufweisende Organopolysiloxanharze aus  $[R^4_3SiO_{1/2}]$ - und  $[SiO_{4/2}]$ -Einheiten, wobei  $R^4$  gleich oder verschieden sein kann und einen einwertigen organischen Rest bedeutet, mit der Maßgabe, daß mindestens ein Rest  $R^4$  die Bedeutung von n-5-Hexenylrest hat.

9. Verfahren zur Herstellung von Organopolysiloxanharzpulver, dadurch gekennzeichnet, daß in einer 1. Stufe mindestens ein Silan der Formel



wobei

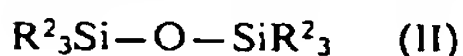
$a$  0, 1, 2 oder 3 ist,

$R$  gleich oder verschieden sein kann und einen einwertigen organischen Rest bedeutet und

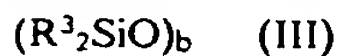
$R^1$  gleich oder verschieden sein kann und einen einwertigen organischen Rest bedeutet,

und/oder dessen Teilhydrolysat, mit der Maßgabe, daß mindestens ein Silan der Formel (I) mit  $a$  gleich 0 oder 1 und/oder dessen Teilhydrolysat eingesetzt wird,

sowie gegebenenfalls Organo(poly)siloxan ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus



wobei  $R^2$  gleich oder verschieden sein kann und eine für  $R$  angegebene Bedeutung hat,



wobei  $R^3$  gleich oder verschieden sein kann und eine für  $R$  angegebene Bedeutung hat und  $b$  eine ganze Zahl im Wert von 3 bis 8 ist, sowie deren Gemische in Wasser in Gegenwart von Säure sowie gegebenenfalls weiteren Stoffen umgesetzt wird,

in einer 2. Stufe die in der 1. Stufe erhaltene Reaktionsmasse in Anwesenheit von Base sowie gegebenenfalls weiteren Stoffen umgesetzt wird und

in einer 3. Stufe die in der 2. Stufe erhaltene Reaktionsmasse in Wasser gegebenenfalls im Gemisch mit Zusatzstoffen eingerührt wird sowie

in einer 4. Stufe das in der 3. Stufe erhaltene, ausgefallene Organopolysiloxanharz abfiltriert, gegebenenfalls mit Wasser gewaschen und getrocknet wird.